実験トランジスタ・アンプ設計講座

黒田 徹

●実用技術編

第10章 回路シミュレータ SPICE 入門 (30)

クロスシャント PP 方式とは

これはソニーでクロマトン方式テレビなどの研究開発に従事された島田聡氏が，東京工業大学在学中の1952年に考案し，『ラジオ技術』誌に発表された回路（第1図）で，各出力管のカソードと反対側のプレートとを，おのおの大容量のコンデンサで結び，プレート・カソード間に負荷を接続したものです[1]．

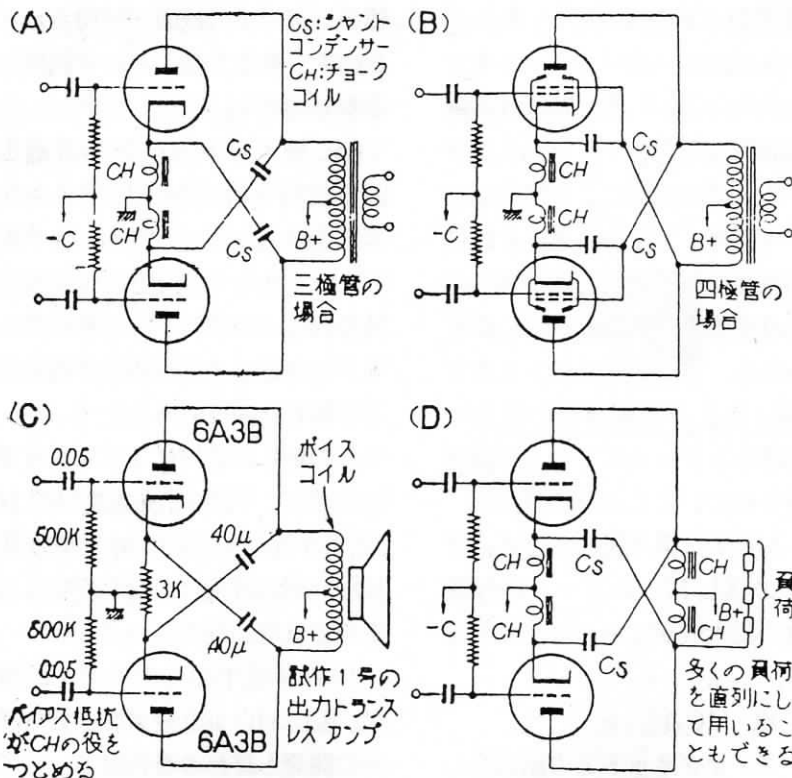
(1) 出力段の内部抵抗 r_p と負荷抵抗 R_L が標準PP回路の1/4になる（第2図参照）
(2) 3極管でも5極管でも OK
(3) 出力電圧の50%がカソードに電圧負帰還されるので，出力インピーダンスが低く，かつ低ひずみ率
(4) リーケージ・インダクタンスの多い出力トランスを用いても，スイッチング・トランジェントひずみを生じない
(5) 出力トランスを省くことも可能（第1図(C)(D)参照）

島田氏の第1号試作アンプ

島田氏はクロスシャント PP アンプを2機種製作されています．第1号機の回路図を第3図に示します．ご覧のとおり，エレガントな OTL アンプです．

(1) 使用真空管

12 AH 7 は増幅率 μ=16の双3極管です（第1表参照）．プレート特性曲線が不明なので断定できませんが，μ は 6 SN 7 と同等で，g_m は 6 SN 7（第4図参照）よりやや大きいようです．励振管の 12 SX 7 は 12 SN 7 相当の双3極管で，電気的特性は 6 SN 7 と同じです．

出力管の 6 A 3 B（マツダ）は，直熱管 2 A 3 のヒータを 6.3 V/1.6 A の傍熱型にしたもので[2]，電気的特性は 2 A 3 とほとんど同じです．

〈第1図〉 クロスシャント回路のいろいろ（本誌 1952年11月号より）

プレート電圧	180 V
グリッド電圧	−6.5 V
増幅率 μ	16
プレート抵抗 r_p	8.4 kΩ
伝達コンダクタンス g_m	1.9 mS
プレート電流	7.6 mA

〈第1表〉 12 AH 7 の A 級増幅動作例．(http://hereford.ampr.org/cgi-bin/tube?tube=12 AH 7 より)

〈第2図〉▶
各種出力回路の等価回路
（1952年11月号より）

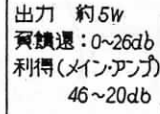
(2) 回路構成

第3図で，V_4はオート・バランス型位相反転回路です．V_5とV_6はカソード・フォロワで，励振管V_7，V_8を強力に駆動します．励振管の＋側出力電圧振幅を増やすため，励振管のグリッド・バイアス電圧を浅く設定しています．その結果，「励振管の－側出力電圧波形はひずみますが，出力管はAB_1級動作なので問題ない」と島田氏は述べています．

励振管のグリッド・バイアスが浅いため，正の信号電圧が印加されたとき，励振管にグリッド電流が流れますが，カソード・フォロワで直結駆動しているので，「グリッド電流によってカップリング・コンデンサが充電されバイアスが深くなる，という現象は生じない」と島田氏は述べています．

負荷としては，島田氏は8インチの自作スピーカのボイス・コイル(250Ω)に中点タップを設け，B電圧320Vを供給しています．

各出力管のカソードから20kΩを介し，V_3およびV_4のカソードにNFBが掛けられています．帰還量はVR_4によって調整できます．す

〈第3図〉1952年11月号に発表された島田聡氏によるクロスシャント PP 回路第1号機（前号復刻シリーズ参照）

(6) 第8図回路のひずみ率特性

第8図の回路に1kHz/2.3Vのサイン波を入力したときの出力電圧波形（**第9図**）のフーリエ解析結果を**第13図**に示します．

基本波：48.7V

3次高調波：2.07V

となっています．すなわち第3調波ひずみ率＝4.2%です．ちなみに，第2調波ひずみ率はゼロです．

〈第12図〉第11図の出力電圧波形のフーリエ解析結果

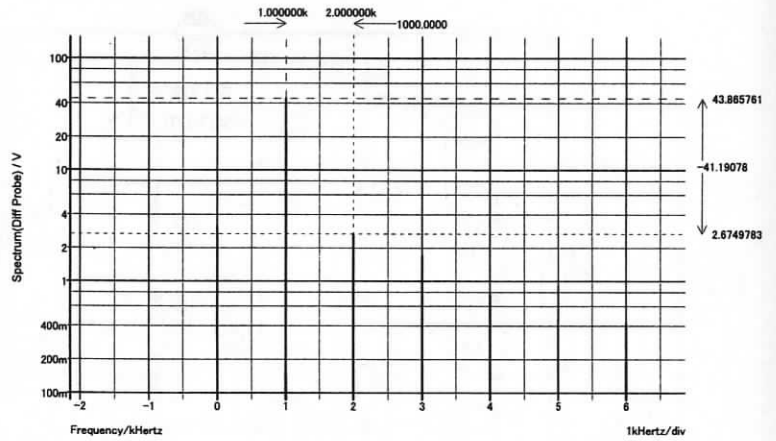
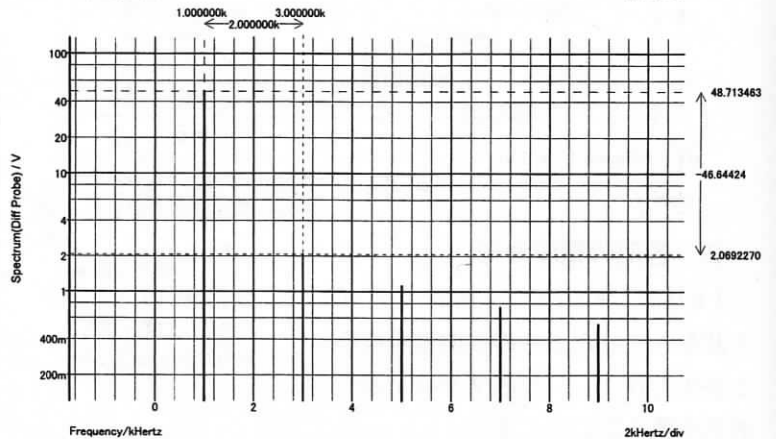
〈第13図〉第9図の出力電圧波形のフーリエ解析結果

(7) オリジナル回路の周波数特性

第5図回路の周波数特性を**第14図**に示します．高域は1MHzで＋0.4dBのピークがありますが，安定性は問題ありません．低域の周波数特性はよくありません．10Hzにおいて8dB減衰しています．また，2Hz付近に共振峰があります．

低域レスポンスの低下は，クロスシャント回路のキャパシタC_6とC_7の値が不足しているためです．

〈第14図〉第5図の回路の周波数特性

〈第15図〉第5図のC_6，C_7を470μFとしたときの周波数特性

〈第16図〉第8図のC_6，C_7を470μFとしたときの周波数特性

(8) C_6とC_7の値を増やす

C_6とC_7を470μFに変更したときの周波数特性を**第15図**に示します．10Hzのゲイン低下は1dBに収まっています．

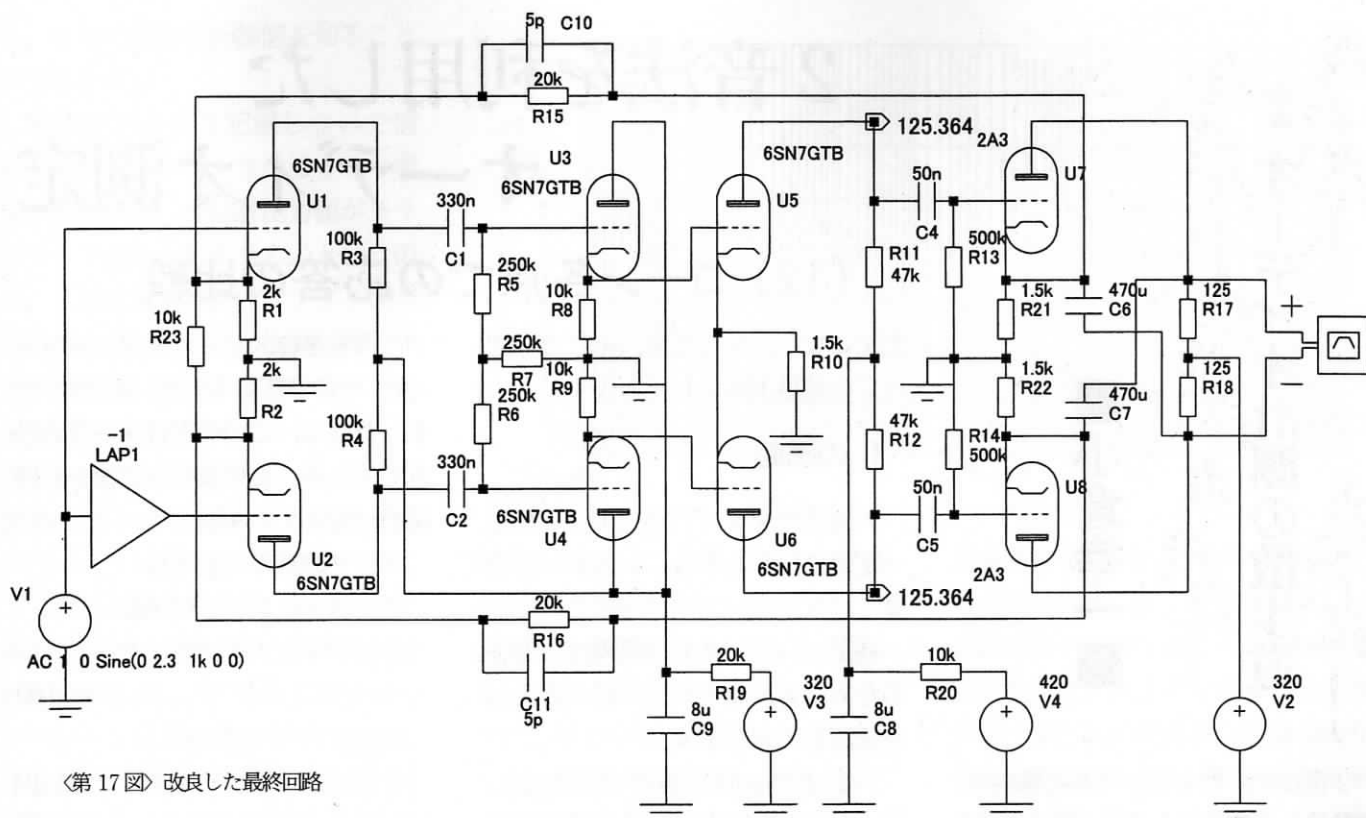
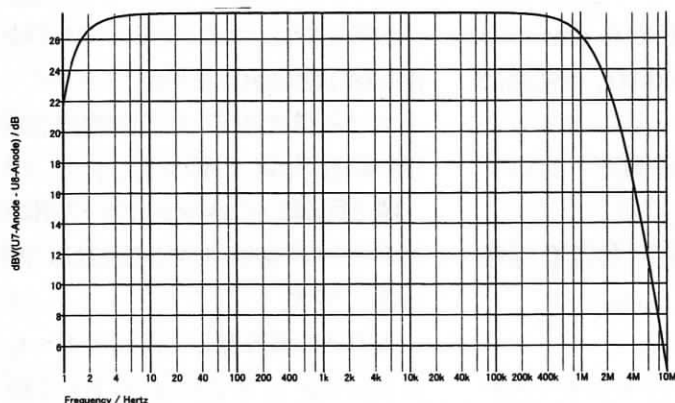
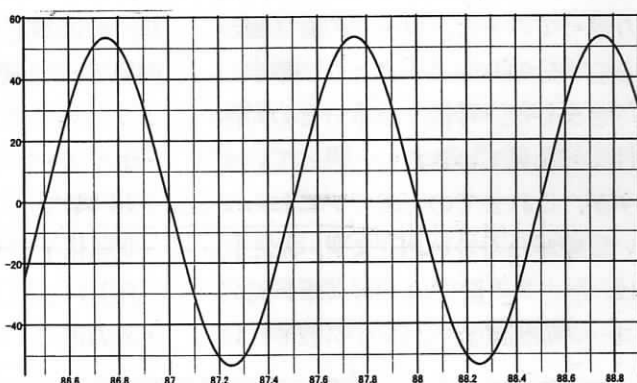
ちなみに，**第8図**回路においてC_6とC_7を470μFに変更したときの周波数特性を**第16図**に示します．広帯域ですが，3.2Hzにおいて＋1dB，2MHzにおいて＋3.7dBのピークがあります．

回路をさらに改良する

第5図の回路も**第8図**の回路も，ひずみ率特性と周波数特性が芳しくないので，回路定数を変えてみました．最終改良回路を**第17図**に示します．変更した個所は以下のとおりです．

- ●C_1，C_2：0.1μF→0.33μF
- ●C_6，C_7：40μF→470μF
- ●R_{11}，R_{12}：100kΩ→47kΩ
- ●C_3＝100μFを除去
- ●R_{15}とR_{16}に5pFを並列接続

(1) 周波数特性

最終改良回路の周波数特性を**第18図**に示します．ピークは完全に取

〈第 17 図〉 改良した最終回路

〈第 18 図〉 第 17 図の回路の周波数特性

〈第 19 図〉 第 17 図の回路の出力電圧波形

れました.

(2) **出力電圧波形**

最終改良回路の出力電圧波形を**第 19 図**に示します. ノッチングひずみが消え, そして最大出力電圧が少し増えて 37.51 V_{RMS} になりました. その結果, 無ひずみ最大出力電力は 4.71 W から 5.6 W に増えました.

第 19 図の出力電圧波形のフーリエ解析結果を**第 20 図**に示します.

基本波：53.0 V

3 次高調波：0.624 V

となっています. すなわち, 第 3 調波ひずみ率＝1.17％です. **第 8 図**回路より 12 dB ほど減っています.

真空管や回路構成を変更すれば, ひずみ率をもっと下げられるでしょう.

〈第 20 図〉 第 19 図の波形のフーリエ解析結果

■引用文献■

(1) 島田聡；「クロス・シャント PP 回路を使った 6 A 3 BPP と 6 AR 6 PP の試作」, ラジオ技術 1952 年 11 月号, pp. 68-75. (編注) 前号「復刻シリーズ」p. 166 以下参照.

(2) http://radiomann.hp.infoseek.co.jp/HomePageVT/Radio_tube_2.html # UY6A3B